

SICHERHEITSAASPEKTE DER GROSSEN INGENIEURBAUTEN

Dr Ing. Giovanni Lombardi

Lugano, 23.-24. September 2010

Kaverne des "Laboratorio di Fisica
nucleare del Gran Sasso", Italien



Bauwerk und Untergrund

Übliche Bauten

Der Boden nimmt einfach das Gewicht des Bauwerkes auf

Grosse Bauten

Der Boden kann zugleich Belastung und Tragwerk sein:
ist somit Teil des Bauwerkes.

Natürlicher Teil des Bauwerkes und
Künstlicher Teil des Bauwerkes unterscheiden

Besonderheiten von grossen Ingenieurbauten

Grosse Ingenieurbauten sind, in der Regel Eigenfälle (eigentlich jeweils Prototypen).

- Theoretisch weisen sie ein grösseres Gefahrenpotential auf.
- Deswegen sind jeweils tiefgehende Untersuchungen nötig.
- Normen und Richtlinien reichen im allgemeinen nicht aus.

Die Betroffenen bei Sicherheitsproblemen

Die Betroffenen können sein:

- die am Bau Beteiligten
- die am Betrieb Beteiligten
- die Benützer
- allenfalls die Allgemeinheit

Die wichtigsten Gefahren beim Bau

Im Tunnelbau:

- Sprengumfälle
- Vorkommen von Gas (Methan)
- Sauerstoffverarmung der Luft durch Wasser
- Unstabilität des Gewölbes
- Unfälle durch Fahrzeuge und Maschinen

Im Talsperrenbau:

- je nach Topographie und Geologie
- je nach Sperrentyp
- je nach Land und Bautraditionen
- durch Fahrzeuge und Baumaschinen

Seit zwei Jahrhunderten sind sehr grosse Fortschritte in Sachen Sicherheit beim Bau erzielt worden.

Die grossmögichsten Unfälle

In den Strassentunnels:

- Verkehrsunfälle
- Brände

Bei Sperren:

Überschwemmungen talseits der Sperre wegen:

- Betriebsfehler oder
- Versagen der Anlage

Bestimmung der verlangten Sicherheitsmarge

Verlangt wird ein:

- genügend grosser Sicherheitskoeffizient, d.h. eine
- genügend kleine Eintretenswahrscheinlichkeit des Unfalles

Wie gross? wie klein?

Viele Meinungen herrschen und viele Richtlinien existieren.
Subjektive Aspekte immer vorhanden.

Wesentliche Unsicherheitsfaktoren

Belastung: fraglich wegen ungenügender Kenntnis von

- Geologie
- Hydrologie
- Erdbebengefahr

Widerstand: fraglich wegen Ungenauigkeit in

- Baumaterialien
- Bauausführung

Grösste Gefahr: menschliche Fehler bei

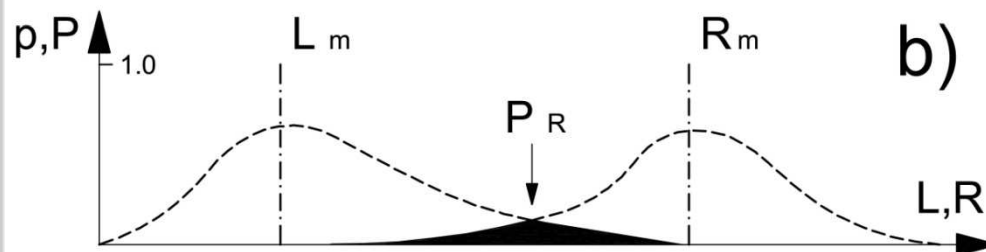
- Erfassung der Unterlagen
- Projektierung
- Ausführung
- Betrieb

Bedingt und absolute sichere Angabe



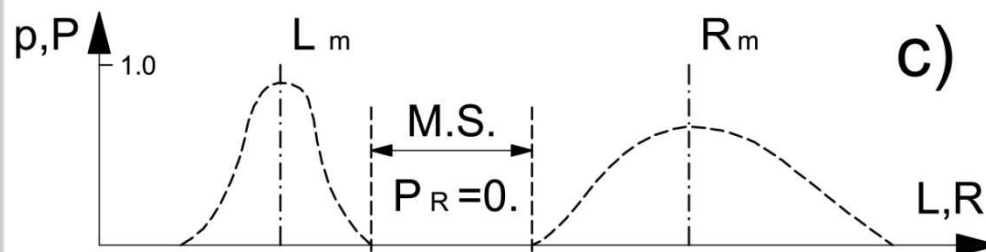
$L = \text{Last}, R = \text{Widerstand}$

a) Traditioneller Begriff des Sicherheitsfaktors (FS)



b) Unbeschränkte Wahrscheinlichkeitsverteilung für L und R ergibt "aleatorisch sichere Anlage"

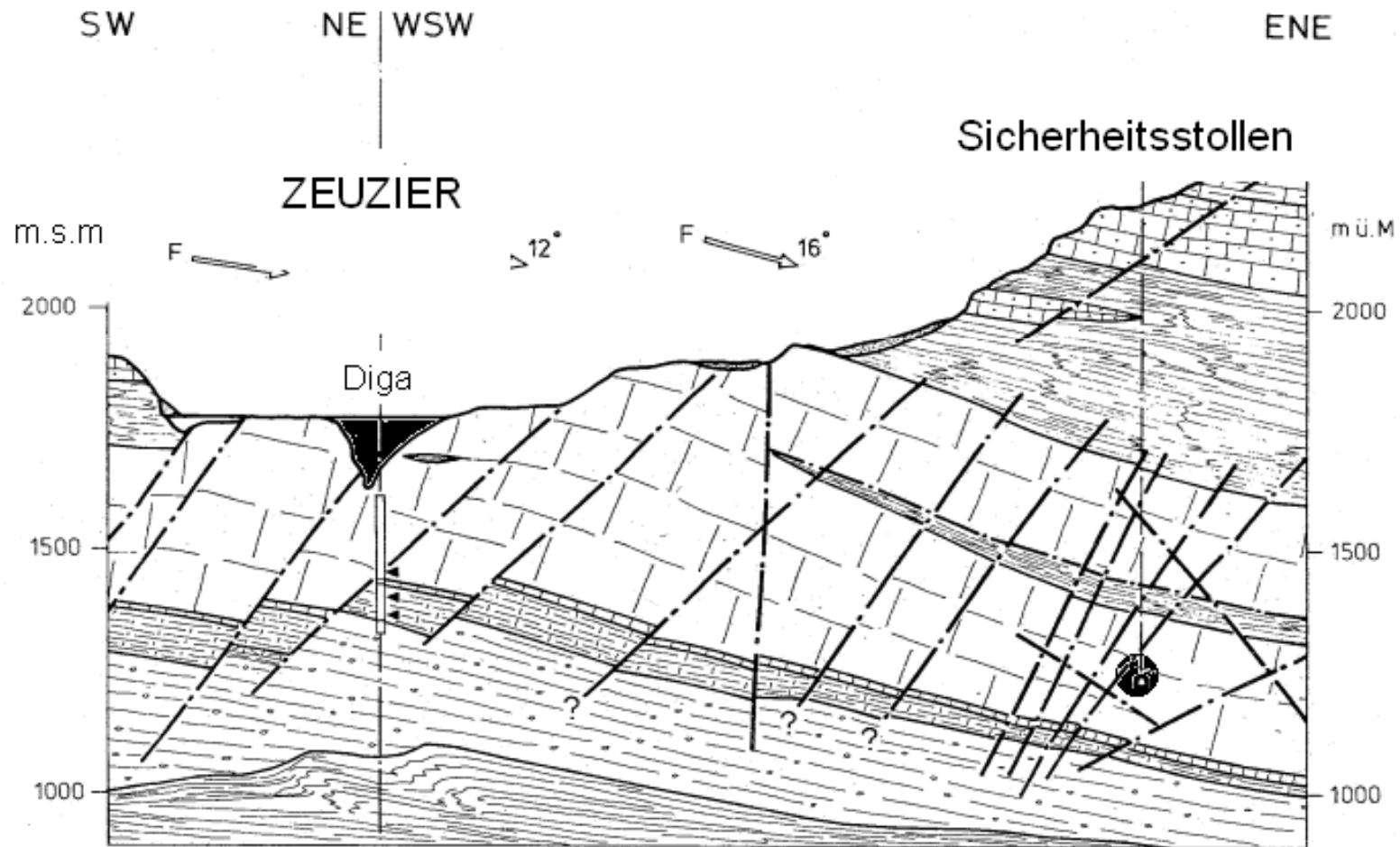
$P_R = \text{Bruchwahrscheinlichkeit}$



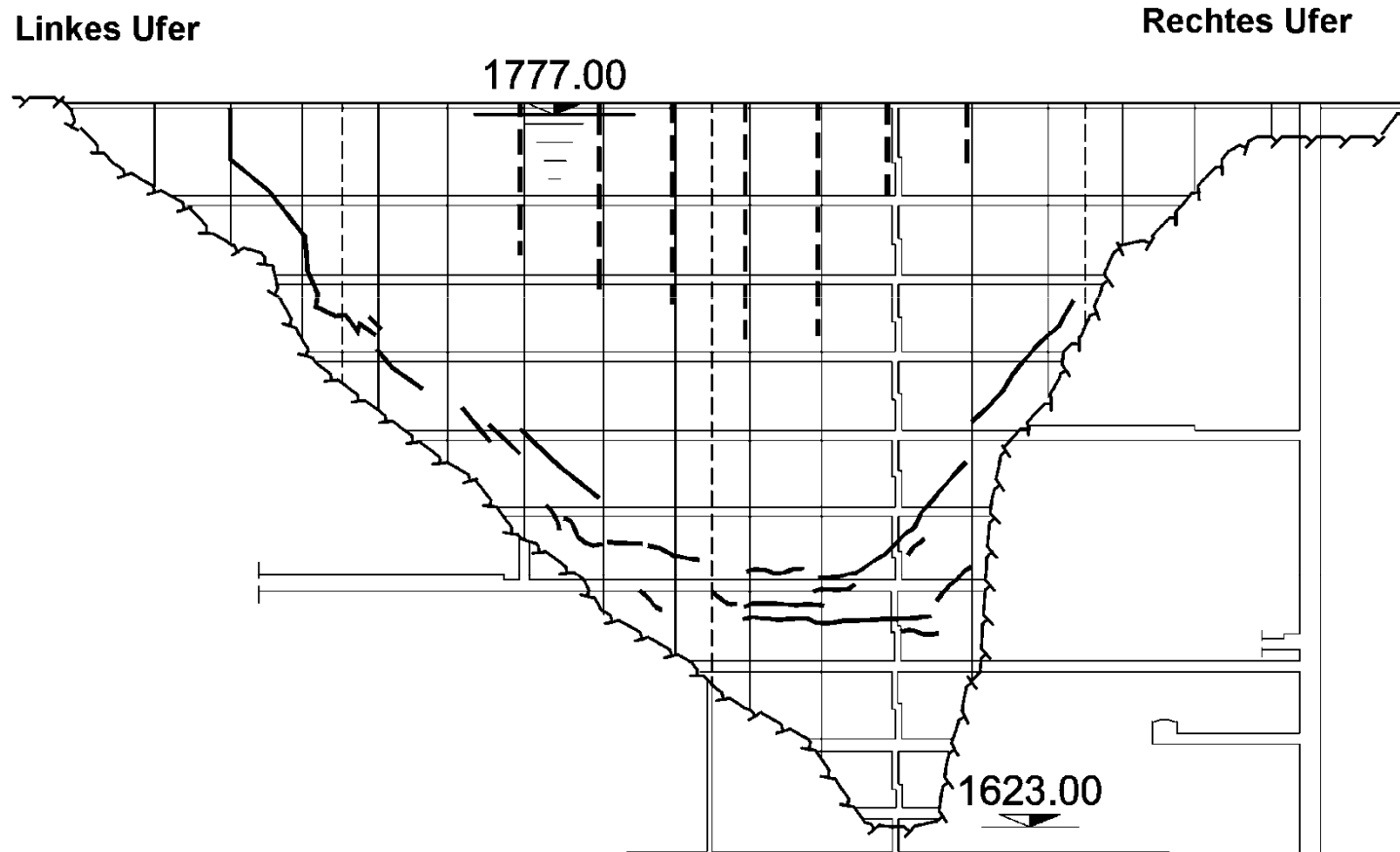
c) Beschränkte Wahrscheinlichkeitsverteilung für L und R ergibt "innerlich sichere Anlage"

$MS = \text{absolute Sicherheitsmarge}$

Die Situation der Sperre Zeuzier und des Rawil-Sondierstollens

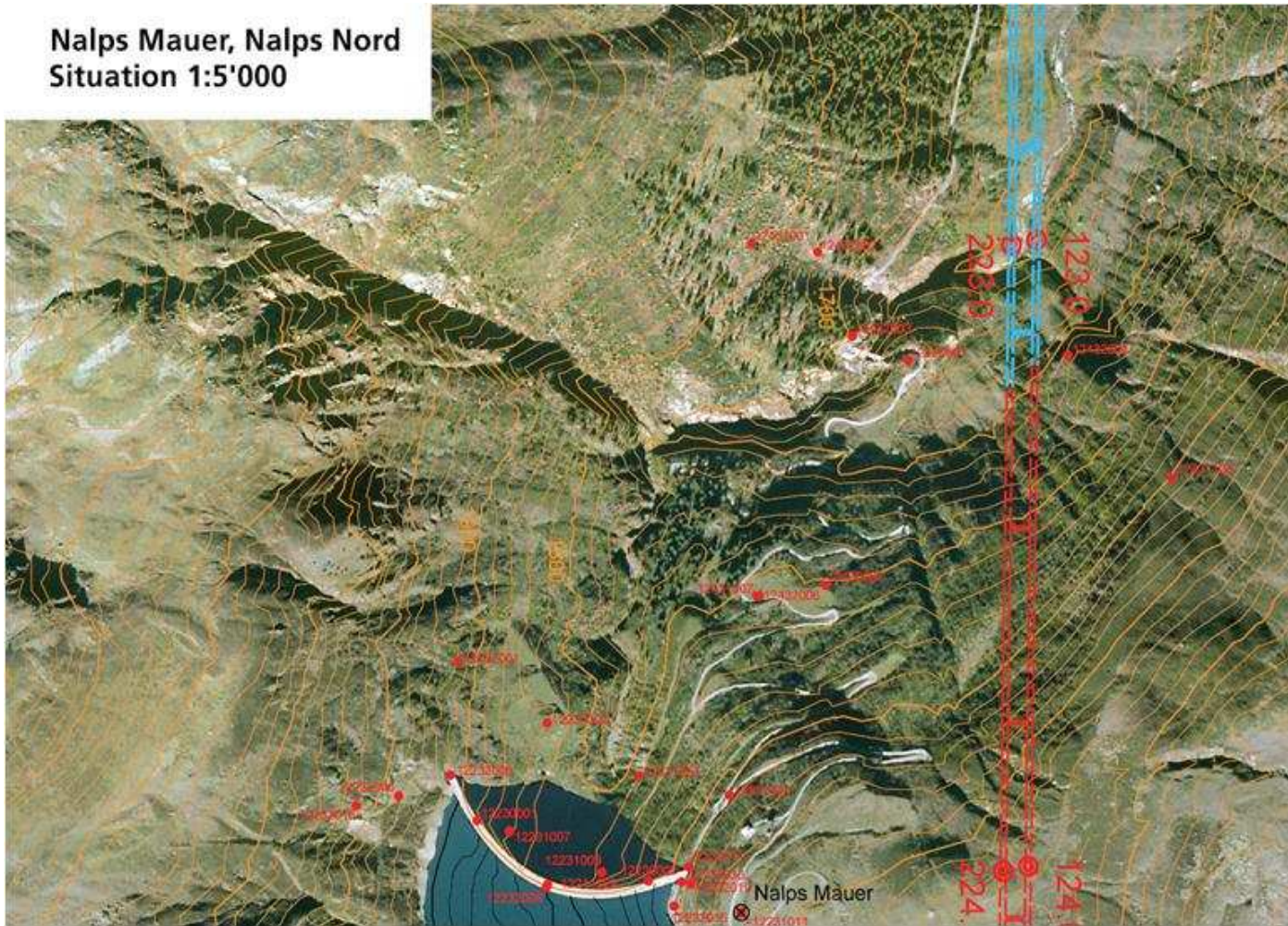


Schäden an der Sperre Zeuzier, Wallis



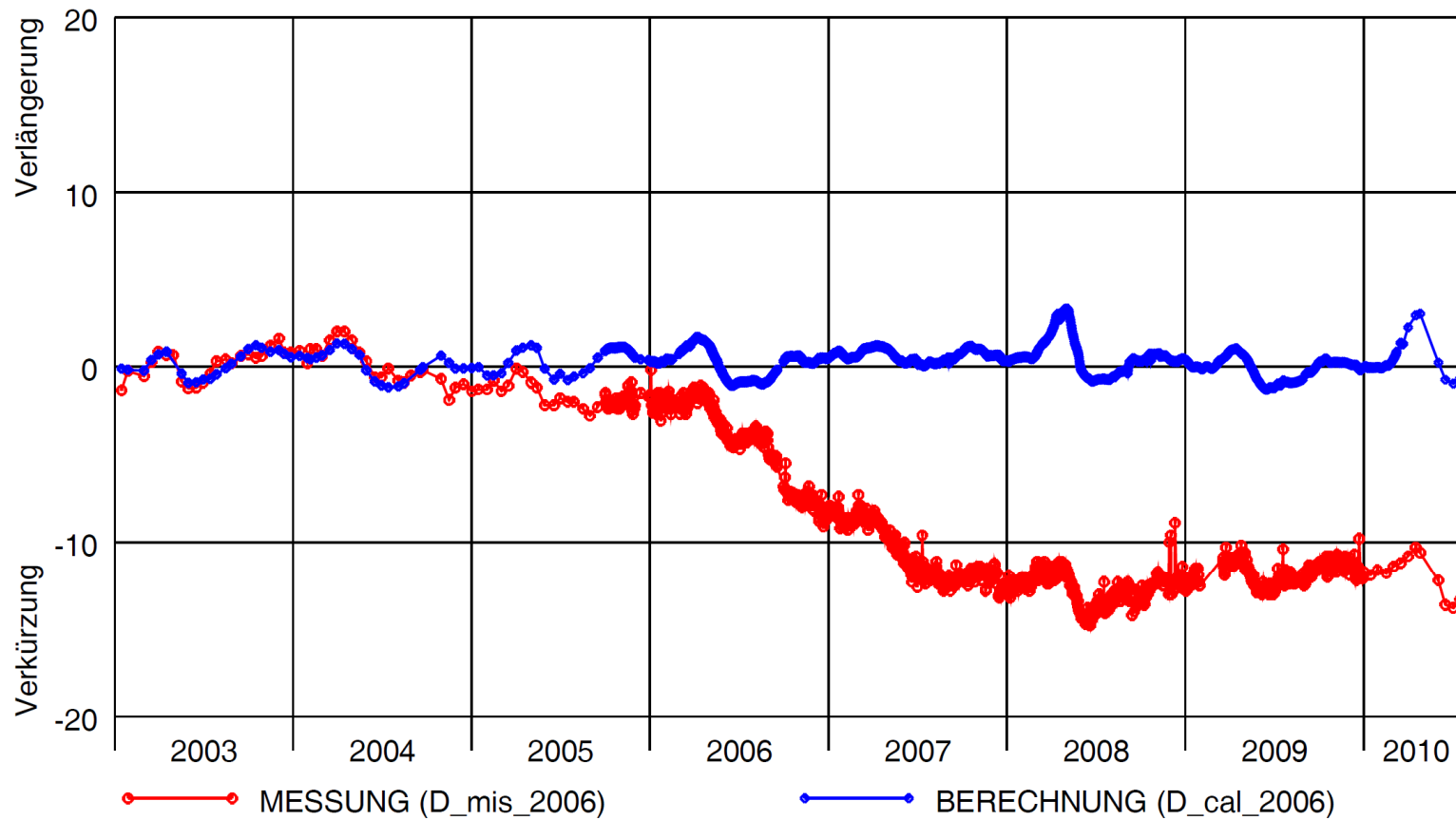
Situation der Sperre Nalps, Graubünden

Nalps Mauer, Nalps Nord
Situation 1:5'000

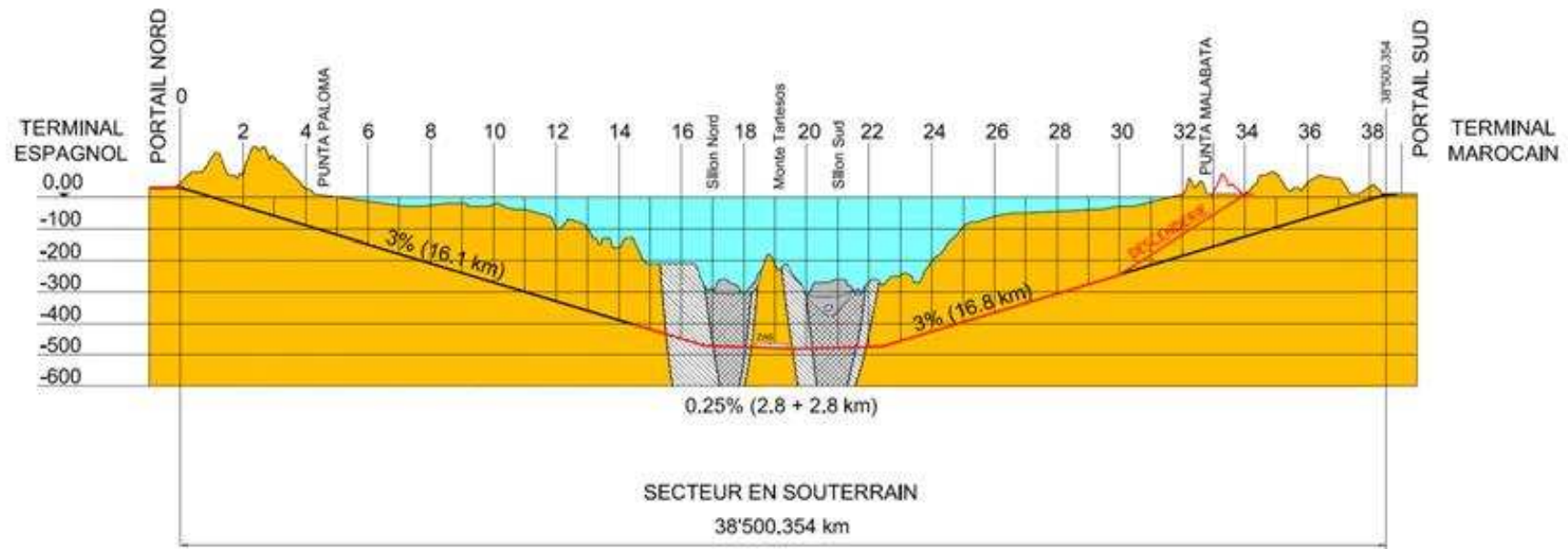


Verformung der Sperre Nalps

Verkürzung der Bogensehne auf Kronenhöhe im Laufe der Jahre



Längenprofil des untersuchten Gibraltarartunnels



Allgemeine Bemerkungen zur Projektierung

Allgemeine Bemerkungen zum Vorgehen:

Mode bei der:

Informatik

Don't think, just click!

Lateinische Weisheit:

Primum cogitare, deinde operare

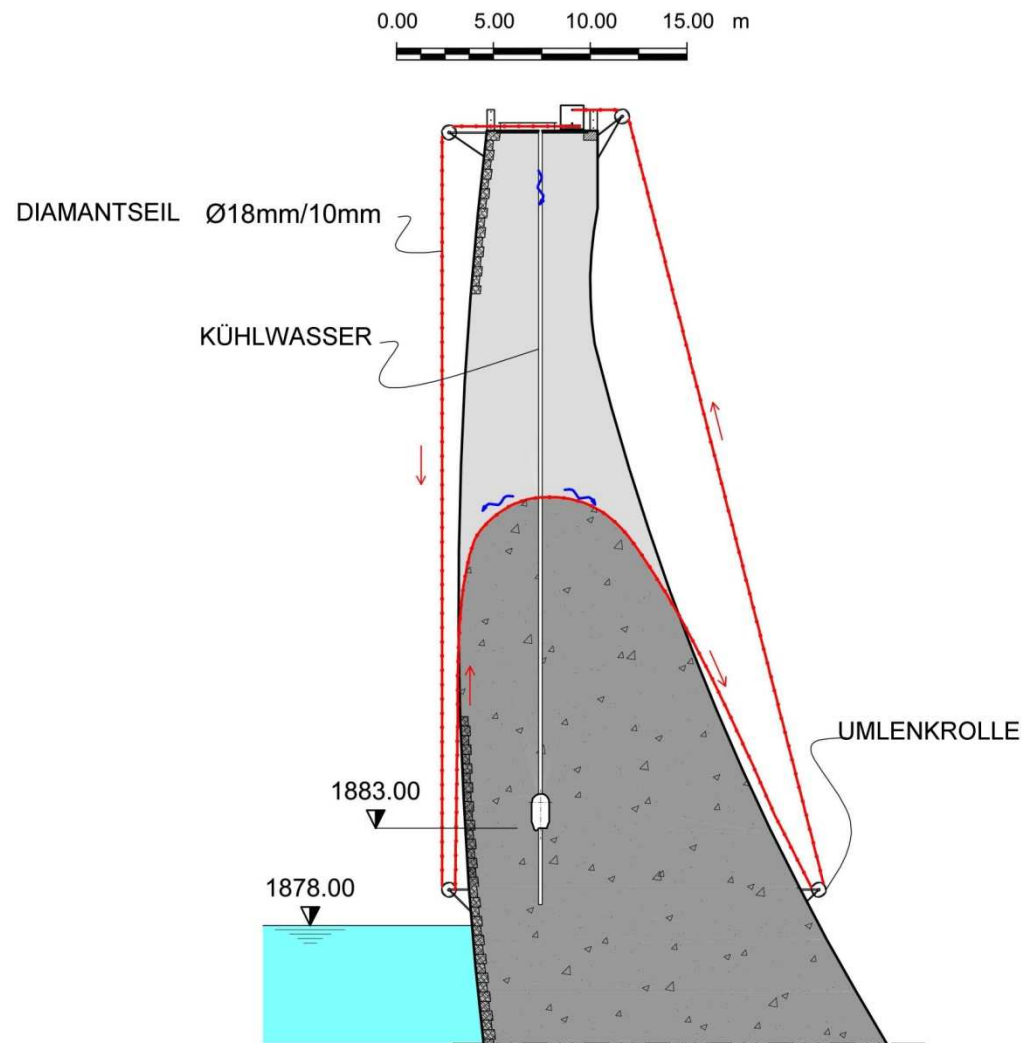
Empfehlungen der Ingenieuren:

Denken. Überlegen und nochmals denken

Empfehlung an Werkeigentümer:

Beachten, dass was in einem Bauwerk am meisten kostet ist eine billige Projektierung.

Schneiden der Sperre Pian Telessio wegen Alkali-Silikat Reaktion



Die 1870 gebaute Sperre Mairauge in Freiburg



Der Überlauf der Sperre Contra im Verzascatal, Tessin

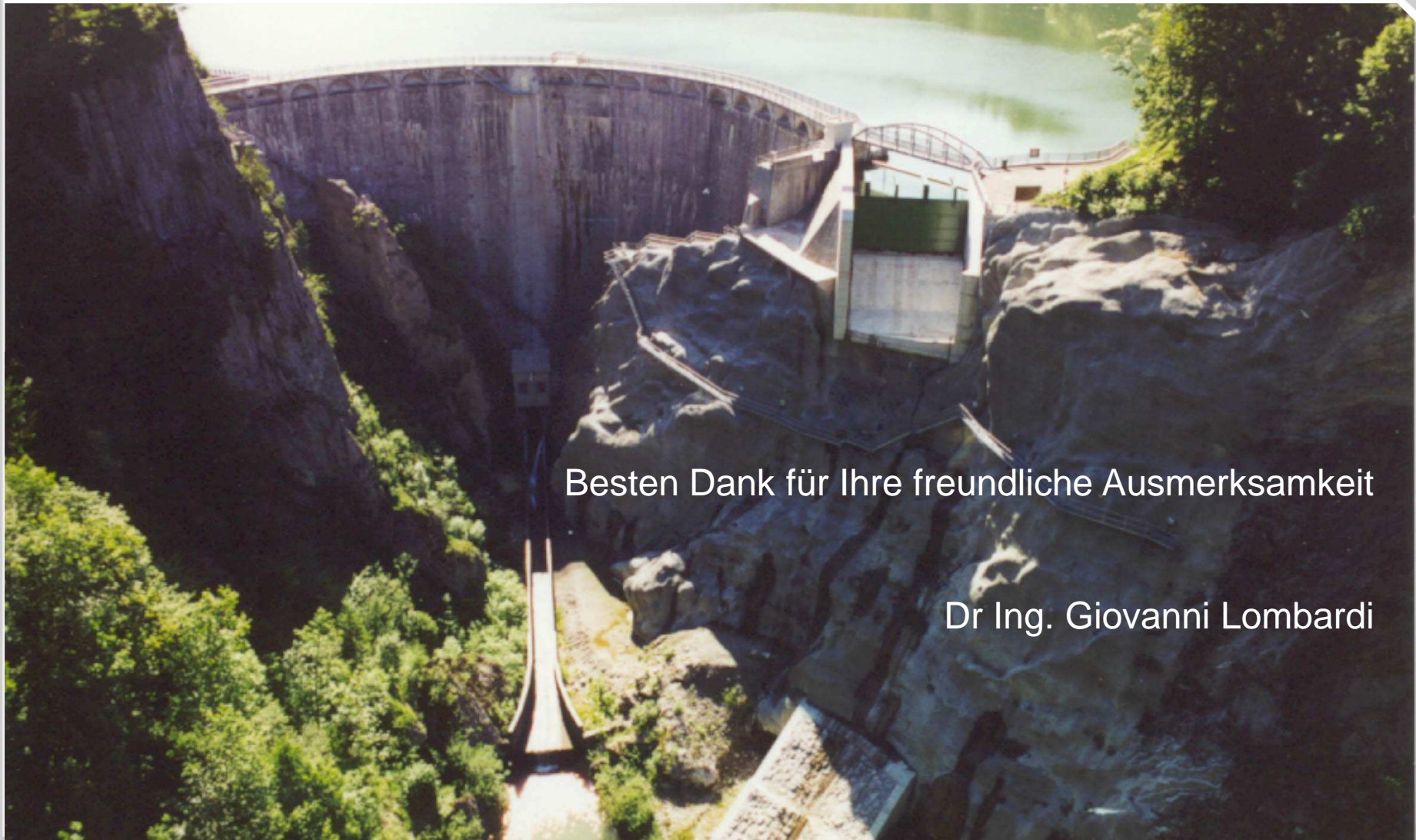


Überwachung von Sperren. Angetroffene Typen der Auswertung der Messungen

Typ der Überwachung	Instrumentierung			Auswertung der Messdaten			
	Existiert	Funktio- niert	Wird ab- gelesen	Regis- triert	Darge- stellt	Ange- schaut	Interpre- tiert
1	nein	–	–	–	–	–	–
2	ja	nein	–	–	–	–	–
3	ja	ja	nein	–	–	–	–
4	ja	ja	ja	nein	–	–	–
5	ja	ja	ja	ja	nein	–	–
6	ja	ja	ja	ja	ja	nein	–
7	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein
8	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja

Schlussfolgerungen für grosse Ingenieurbauten

- Die Frage der Sicherheit von grossen Bauwerke ist sehr mannigfaltig.
- Grosse Projekte sind in der Regel Einzelfälle.
- Normen und Richtlinien reichen nicht aus.
- Gesundes ingenieurmässiges Denken ist unerlässlich.
- Mit zu grosser Leichtigkeit ausgeführte Berechnungen können gefährlich sein.
- Routinemässiges Vorgehen ist gefährlich: Standard konstruktive Kritik ist unerlässlich.
- Ständige Überwachung, und
- Seriöse Auswertung der Messungen unerlässlich.



Besten Dank für Ihre freundliche Ausmerksamkeit

Dr Ing. Giovanni Lombardi